

**ANALISIS PENGARUH DEBIT AIR
TERHADAP EFISIENSI PLTA WONOGIRI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DIAN GIRI WINANDAR

D400160063

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**Analisis Pengaruh Debit Air
terhadap Efisiensi PLTA Wonogiri**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DIAN GIRI WINANDAR

D400160063

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Aris Budiman, S.T., M.T.

NIK: 885

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS PENGARUH DEBIT AIR
TERHADAP EFISIENSI PLTA WONOGIRI

Oleh:

DIAN GIRI WINANDAR


D400160063

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 16 Februari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman, S.T., M.T

(Ketua Dewan Penguji)


(.....)

2. Agus Supardi, S.T., M.T

(Anggota I Dewan Penguji)


(.....)

3. Umar, S.T., M.T


(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

Dekan

22022021




L. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Februari 2021



DIAN GIRI WINANDAR

D400160063

ANALISIS PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP EFISIENSI PLTA WONOGIRI

Abstrak

Tenaga listrik ialah suatu kebutuhan pokok dalam melaksanakan kegiatan tiap hari umat manusia, mengingat pada biasanya alat-alat yang kerap digunakan dengan kegiatan tiap hari kebanyakan memerlukan mengkonsumsi tenaga listrik. Sumber tenaga listrik bisa diperoleh dari bermacam berbagai sumber tenaga yang terdapat di bumi ini, baik sumber tenaga yang terbarukan ataupun yang tidak terbarukan. Salah satu sumber tenaga yang banyak digunakan ialah air, serta air bisa diperoleh dengan gampang di sungai ataupun waduk. Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan sesuatu pembangkit yang menggunakan tenaga air digunakan sebagai penggeraknya semacam saluran irigasi, sungai serta air terjun, dengan menggunakan beda ketinggian serta jumlah debit aliran. Dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh debit air terhadap besaran outputan daya dan efisiensi daya pada PLTA Wonogiri, penelitian yang dilakukan pada PLTA meliputi: besar debit aliran air serta beda ketinggian, daya output serta hasil efisiensi dengan mengacu debit. Jumlah debit air yang masuk sangat pengaruhi daya output generator serta efisiensi daya pada pembangkit.. Hasil analisa pada tahun 2019 hingga didapat nilai efisiensi energi paling tinggi unit 1 sebesar 91% serta unit 2 sebesar 88%, sebaliknya buat efisiensi terendah unit 1 sebesar 76% serta unit 2 78%.

Kata Kunci : PLTA, Debit Air, Efisiensi

Abstract

Electric power is a basic requirement in carrying out everyday activities of mankind, considering that usually the tools that are often used in daily activities mostly require the consumption of electricity. Sources of electric power can be obtained from a variety of power sources found on this earth, both renewable and non-renewable energy sources. One source of energy that is widely used is water, and water can be obtained easily in rivers or reservoirs. Hydroelectric Power is a generator that uses hydropower as a driving force such as irrigation channels, rivers and waterfalls, using different heights and the amount of flow. In this study, to determine the effect of water discharge on the amount of power output and power efficiency at PLTA Wonogiri, research conducted on hydropower includes: water flow rate and height difference, output energy and efficiency results with reference to discharge. The amount of incoming water discharge greatly influences the output energy of the generator and the energy efficiency of the generator. The results of the analysis in 2019 show that the highest energy efficiency value is unit 1 at 91% and unit 2 at 88%, on the other hand for the lowest efficiency for unit 1 at 76% and unit 2 78%.

Keyword Sign : Hydropower, Debit, Efficiency

1. PENDAHULUAN

Penelitian oleh Andrey Bernad Eka Putra (2018). Menyatakan bahwa, berdasarkan perhitungan efisiensi daya dengan mengukur besarnya debit aliran air dan ketinggian air yang jatuh (*head*) didapat bahwa ketinggian air yang jatuh (*head*) tidak berpengaruh terhadap hasil efisiensi dari daya yang dihasilkan meskipun ketinggiannya berbeda-beda dengan mengacu pada debit aliran air yang konstan.

Penelitian oleh Aliah Rahman dkk (2018). Menyatakan bahwa Debit air sangat mempengaruhi kinerja dari pada kincir, apabila debit aliran air besar, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga besar, apabila debit aliran air kecil, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga akan kecil.

Penelitian oleh Tri Suyono dkk (2018). Menyatakan bahwa dinyatakan bahwa semakin besar debit air semakin besar pula daya keluaran dan efisiensi total yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh *head*, panjang dan diameter pipa pesat, serta kecepatan aliran air.

Dalam beberapa tahun terakhir perkembangan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan terus meningkat untuk melindungi lingkungan dan efek rumah kaca akibat penggunaan bahan bakar fosil. Inisiatif ini sudah dilakukan di beberapa negara maju dan dijadikan kebijakan untuk memberikan dorongan penelitian dan pengembangan bentuk-bentuk alternatif pembangkit listrik (Sergio, 2016). Pembangkit listrik terbarukan yang telah dikembangkan adalah: air, matahari, angin, biomassa.

Energi listrik merupakan kebutuhan primer di Indonesia, tetapi di Indonesia ini penyediaan energi listriknya masih belum merata diseluruh daerah. Daerah terpencil di Indonesia seperti di desa-desa masih banyak yang belum terjangkau aliran listrik (Menurut Juwito 2012, yang dikutip Hakim dkk 2020), sehingga alternatif energi listrik yang dapat dikembangkan di desa tersebut salah satunya dengan membangun sistem PLTA sederhana. Menurut penelitian (International Energy Agency, 2014) pada tahun 2012 Pembangkit Listrik Tenaga Air berkontribusi 16,2% terhadap pembangkit listrik global.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan sumber energi listrik alternatif bagi masyarakat. Masyarakat seluruh Indonesia banyak mendapat keuntungan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air. Dimana saat sumber energi lainnya mulai menipis dan memberikan dampak yang negatif untuk masyarakat, maka air merupakan sumber energi yang sangat penting karena dari air tersebut dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Pembangkit listrik tenaga air memiliki kapasitas yang beraneka ragam tergantung besar kecilnya kapasitas energi listrik yang dihasilkannya. Daerah di Indonesia banyak dikelilingi oleh aliran sungai yang mana dapat memadai untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik dengan skala yang di inginkan. Dengan memanfaatkan potensi yang ada di daerah-daerah tersebut maka diharapkan dapat memenuhi kebutuhan sumber energinya sendiri agar dapat mengantisipasi kenaikan biaya energi dan kesulitan listrik nasional.

Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah suatu pembangkit yang memanfaatkan tenaga air digunakan sebagai penggeraknya seperti saluran irigasi, sungai dan air terjun, dengan memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit aliran, baik pembangkit listrik berskala besar maupun berskala

kecil. Pada sungai atau bendungan terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang dapat diandalkan, memiliki kontur yang sesuai dan telah dimanfaatkan untuk PLTA. Namun PLTA yang memanfaatkan aliran sungai atau bendungan bisa mengalami penurunan daya listrik yang dihasilkan tergantung dari besarnya debit air yang mengalir. Yang harus dilakukan oleh PLTA ini sendiri yaitu adanya perhitungan dan analisis daya listrik yang dihasilkan saat debit air tinggi atau rendah supaya dapat mengetahui efisiensi dari daya listrik yang dihasilkan pada pembangkit tersebut.

2. METODE

2.1 Studi Pustaka

Mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber pustaka yang relevan sebagai acuan penelitian. Hasil dari mempelajari studi pustaka di jadikan landasan untuk melanjutkan penelitian.

2.2 Pengambilan Data

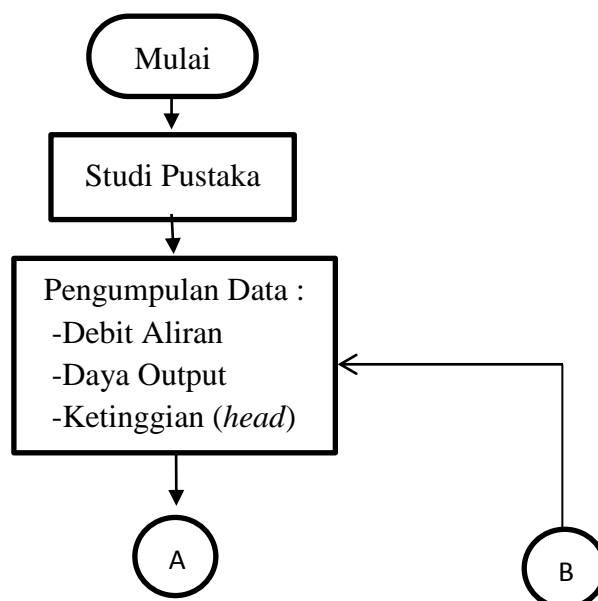
Mengumpulkan data yang di perlukan untuk penelitian yang telah direncanakan. Pengambilan data dilakukan di PLTA Wonogiri data yang diambil antara lain: besarnya debit aliran, daya output generator, jarak ketinggian (*head*) air yang jatuh dari kolam penampung.

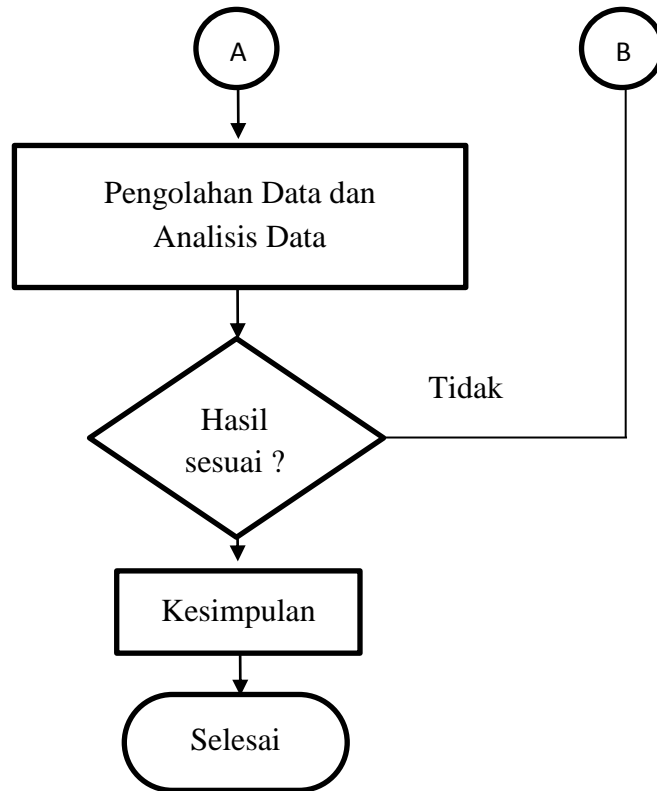
2.3 Perhitungan Data

Data yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi pada PLTA Wonogiri. Hasil dari perhitungan data tersebut akan dianalisa lebih lanjut.

2.4 Penarikan Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan dan membandingkan data yang telah dihitung, kemudian di ambil kesimpulan dari efisiensi daya pada PLTA Wonogiri





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Ketinggian Air yang Jatuh (*Head*), Debit Air dan Produksi Daya Listrik

Sistem pembangkit listrik tenaga air memiliki dua hal yang sangat penting yaitu debit air dan ketinggian jatuh air (*head*). Semakin besar dan semakin tinggi *head* tersebut bisa dipastikan energi yang akan didapatkan sangat besar. Berdasarkan data yang didapat dari PLTA Wonogiri untuk ketinggian jatuh air (*head*) Waduk Gajah Mungkur yaitu 25,4m.

Untuk menghitung debit aliran air ada beberapa metode yang bisa digunakan secara teori, antara lain yaitu melalui persamaan:

$$Q=A \times V \quad (1)$$

Dimana: Q = Debit Air (m^3/s)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan air (m/s)

Metode lain untuk menghitung debit aliran air dengan menggunakan alat *flow meter* alat ini mempunyai ketelitian tinggi dalam pengukuran laju aliran.

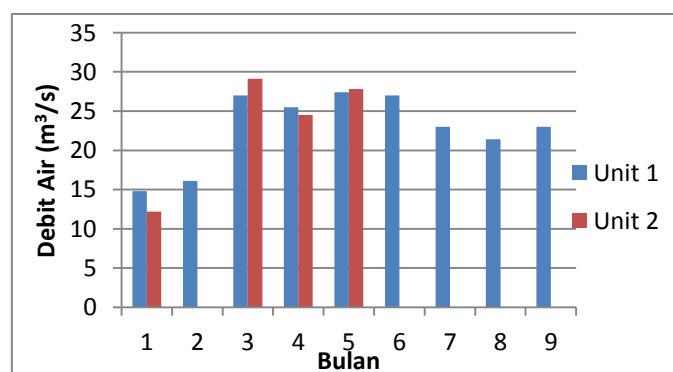
Tabel 1. Debit air PLTA Wonogiri bulan Januari-Mei 2019 (m³/s)

Tanggal	Januari		Februai		Maret		April		Mei	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	-	-	17	-	18,9	-	28,5	28,5	-	25
2	-	-	17	-	18,9	-	28,5	28,5	-	28
3	-	11	17	-	18,9	-	28,5	28,5	-	28
4	-	11	17	-	18,9	-	28,5	28,5	-	28
5	-	11	17	-	18,9	-	23,25	23,25	-	28
6	-	11	17	-	20,71	-	24	24	-	28
7	-	11	17	-	24,13	-	24	24	-	28
8	-	11	17	-	27,6	29	24	24	-	28
9	-	11	17	-	29	29	24	24	-	28
10	-	11	17	-	29	29	24	24	-	28
11	-	11	17	-	29	29	24	24	-	28
12	-	11	17	-	29	29	24	24	-	28
13	-	11	17	-	29	29	24	24	-	28
14	-	12,3	17	-	29	29	25	25	-	28
15	-	14	17	-	29	29	28,4	-	-	28
16	-	14	17	-	29	29	28,4	-	-	28
17	-	14	17	-	29	29	28,4	-	-	28
18	-	14	17	-	29,5	29	28,4	-	-	28
19	-	14	17	-	29	29	28,4	-	-	28
20	-	14	17	-	30	30	28,4	-	-	28
21	14	14	17	-	30	30	28,4	-	-	-
22	12,8	-	17	-	29,5	30	24,3	-	-	-
23	12,2	-	17	-	28	28	22,7	-	-	-
24	12,2	-	17	-	28	28	22,7	-	28	-
25	13	-	17	-	28	28	22,7	-	28	-
26	18,6	-	17	-	28	28	-	28,4	28	-
27	18,6	-	17	-	28	28	-	22,8	27	-
28	16,5	-	19	-	28	28	-	22,8	27	-
29	15	-	-	-	28	28	-	22,8	27	-
30	15	-	-	-	28	28	-	22,8	27	-
31	15	-	-	-	28	28	-	-	27	-
Rata-rata	14,8	12,2	17,1	0,0	26,7	28,7	26	25,2	27,3	27,9
Jam operasional	247	426	672	0	741	561	600	444	176	468

Tabel. 2 Debit air PLTA Wonogiri Juni-September 2019 (m³/s)

Tanggal	Juni		Juli		Agustus		September	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	27	-	24	-	18,6	-	23	-
2	27	-	24	-	18,6	-	23	-
3	27	-	24	-	18,6	-	23	-

4	27	-	24	-	18,6	-	23	-
5	27	-	24	-	18,6	-	23	-
6	27	-	24	-	18,6	-	23	-
7	27	-	24	-	18,6	-	23	-
8	27	-	24	-	18,6	-	-	-
9	27	-	24	-	18,6	-	-	-
10	27	-	24	-	18,6	-	-	-
11	27	-	24	-	18,6	-	-	-
12	27	-	24	-	20,7	-	-	-
13	27	-	24	-	23	-	-	-
14	27	-	24	-	23	-	-	-
15	27	-	24	-	23	-	-	-
16	27	-	24	-	23	-	-	-
17	27	-	24	-	23	-	-	-
18	27	-	24	-	23	-	-	-
19	27	-	24	-	23	-	-	-
20	27	-	24	-	23	-	-	-
21	27	-	24	-	23	-	-	-
22	27	-	24	-	23	-	-	-
23	27	-	24	-	23	-	-	-
24	27	-	24	-	23	-	-	-
25	27	-	24	-	23	-	-	-
26	27	-	24	-	23	-	-	-
27	27	-	24	-	23	-	-	-
28	27	-	24	-	23	-	-	-
29	27	-	24	-	23	-	-	-
30	27	-	24	-	23	-	-	-
31	-	-	24	-	23	-	-	-
Rata-rata	27,0	0,0	24,0	0,0	21,4	0,0	23,0	0,0
Jam Operasional	720	0	744	0	718	0	169	0



Gambar 1. Debit air bulan Januari – September 2019

Dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 serta gambar 1, debit air yang terendah pada kedua unit

pembangkit bulan januari rata-rata debit unit 1 14,8m³/s dan unit 2 12,2m³/s dikarenakan curah hujan yang rendah , sedangkan debit air paling tinggi untuk unit 1 pada Mei dengan rata-rata debit 27,4m³/s dan untuk debit air yang paling tinggi unit 2 pada bulan Maret dengan rata-rata debit 28,7m³/s dikarenakan bulan tersebut telah memasuki musim penghujan sehingga waduk Gajah Mungkur mengalami curah hujan yang tinggi. Mulai tanggal 8 September hingga Desember PLTA berhenti beroperasi dikarenakan debit air dan elevasi terlalu rendah.

Tabel. 3 Produksi daya listrik PLTA Wonogiri Januari – Mei (MW)

Tanggal	Januari		Februari		Maret		April		Mei	
	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2
1	-	-	3,50	-	3,89	-	6,22	6,22	-	5,71
2	-	-	3,58	-	4,02	-	6,19	6,21	-	6,24
3	-	2,00	3,59	-	4,11	-	6,09	6,10	-	6,13
4	-	2,14	3,63	-	4,11	-	6,09	6,12	-	6,07
5	-	2,12	3,18	-	4,12	-	5,40	5,46	-	6,09
6	-	2,10	3,42	-	4,39	-	4,65	4,91	-	6,05
7	-	2,06	3,45	-	5,37	-	5,17	5,05	-	6,23
8	-	2,07	3,35	-	5,37	3,83	5,30	4,96	-	6,02
9	-	2,06	3,42	-	4,74	5,83	5,27	4,94	-	6,14
10	-	2,07	3,42	-	5,01	5,92	5,27	5,01	-	6,16
11	-	2,00	3,45	-	5,18	5,97	5,01	4,99	-	6,02
12	-	2,06	3,38	-	6,12	6,20	4,75	4,92	-	6,06
13	-	2,07	3,35	-	6,10	6,19	4,71	4,93	-	6,03
14	-	2,46	3,34	-	6,07	6,13	5,55	1,94	-	6,05
15	-	2,15	3,31	-	6,04	6,10	6,16	-	-	6,07
16	-	2,71	3,31	-	6,09	6,14	6,30	-	-	5,96
17	-	2,81	3,30	-	6,06	6,09	6,19	-	-	6,09
18	-	3,01	3,35	-	6,02	5,98	6,34	-	-	6,03
19	-	3,11	3,47	-	4,03	4,07	6,19	-	-	6,10
20	-	3,15	3,77	-	5,99	6,09	6,20	-	-	2,69
21	1,89	1,71	3,72	-	6,01	6,06	6,37	-	-	-
22	2,46	-	3,56	-	6,19	6,17	5,30	-	-	-
23	2,20	-	3,60	-	6,21	6,21	5,15	-	-	-
24	2,26	-	3,64	-	6,03	6,04	5,26	-	2,05	-
25	2,59	-	3,59	-	6,27	6,29	3,80	-	6,08	-
26	3,41	-	3,71	-	5,97	6,04	-	4,89	6,15	-
27	3,42	-	3,34	-	6,20	6,24	-	5,11	6,11	-
28	3,19	-	3,85	-	5,94	5,99	-	5,17	6,15	-
29	3,05	-	-	-	6,07	6,11	-	5,11	5,86	-
30	3,18	-	-	-	6,08	6,11	-	5,36	5,93	-
31	3,23	-	-	-	4,91	4,96	-	-	6,00	-
Jumlah	30,87	42,62	97,57	0	168,68	140,78	138,93	97,39	44,33	117,95

Tabel. 4 Produksi daya listrik PLTA Wonogiri Juni – September (MW)

Tanggal	Juni		Juli		Agustus		September	
	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2	Pout1	Pout2
1	5,89	-	5,59	-	4,55	-	4,09	-
2	6,01	-	5,10	-	4,21	-	3,50	-
3	5,92	-	4,97	-	4,19	-	4,44	-
4	6,10	-	5,30	-	4,09	-	3,99	-
5	5,83	-	5,27	-	4,13	-	3,89	-
6	5,92	-	5,21	-	4,03	-	3,95	-
7	6,10	-	5,38	-	4,08	-	4,02	-
8	5,81	-	5,36	-	4,05	-	2,56	-
9	5,90	-	5,04	-	4,07	-	-	-
10	5,96	-	4,68	-	4,03	-	-	-
11	5,80	-	5,15	-	4,03	-	-	-
12	5,89	-	5,14	-	4,16	-	-	-
13	5,87	-	5,15	-	4,44	-	-	-
14	5,82	-	5,31	-	4,28	-	-	-
15	5,86	-	5,26	-	4,40	-	-	-
16	5,81	-	5,22	-	4,34	-	-	-
17	5,70	-	5,20	-	4,32	-	-	-
18	5,69	-	5,26	-	4,32	-	-	-
19	5,68	-	5,19	-	4,26	-	-	-
20	5,88	-	5,06	-	4,17	-	-	-
21	5,76	-	5,13	-	4,25	-	-	-
22	5,80	-	5,07	-	4,18	-	-	-
23	5,92	-	5,12	-	4,22	-	-	-
24	5,88	-	5,33	-	4,10	-	-	-
25	5,72	-	5,02	-	4,18	-	-	-
26	5,65	-	5,11	-	4,12	-	-	-
27	5,64	-	5,03	-	4,05	-	-	-
28	5,81	-	5,07	-	4,10	-	-	-
29	5,74	-	5,07	-	4,14	-	-	-
30	5,63	-	5,07	-	4,09	-	-	-
31	-	-	5,02	-	4,07	-	-	-
Jumlah	174,98	0,00	159,88	0,00	129,66	0,00	30,45	0,00

Setelah data debit air dan produksi listrik didapatkan maka dapat dihitung daya teoritis dan efisiensi total PLTA. Besar daya teoritis dan efisiensi total pada tanggal 3 Januari 2019 bisa dihitung melalui persamaan:

$$\begin{aligned}
 P &= g \times Q \times H \\
 &= 9,8 \times 11(\text{m}^3/\text{s}) \times 25,4(\text{m})
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$= 2.738,12\text{kW}$$

$$= 2,7 \text{ MW}$$

Setelah mengetahui daya teoritis maka dapat di cari efisiensi total dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\eta_{total}(\%) &= \frac{\text{Daya Output Generator}}{\text{Daya Input}} \times 100\% \\ &= \frac{2 \text{ MW}}{2,7 \text{ MW}} \times 100\% \\ &= 74\%\end{aligned}\tag{3}$$

3.2 Efisiensi Daya Listrik

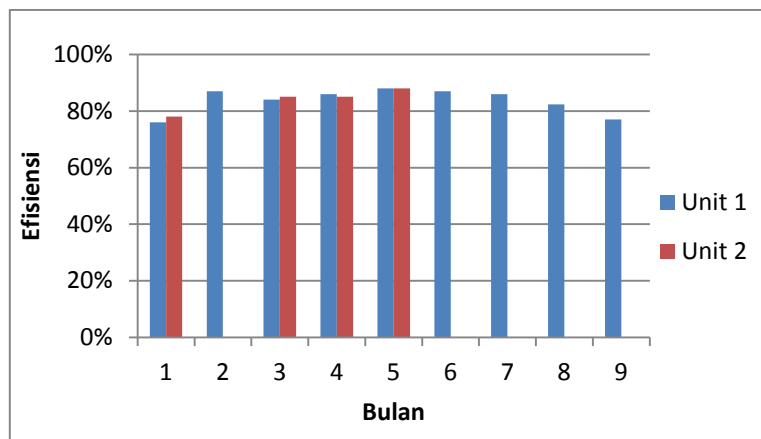
Tabel. 5 Efisiensi daya PLTA Wonogiri Januari – Mei

Tanggal	Januari		Februari		Maret		April		Mei	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	-	-	82,6%	-	82,6%	-	87,7%	87,6%	-	91,7%
2	-	-	84,7%	-	85,4%	-	87,3%	87,6%	-	89,6%
3	-	74,0%	84,7%	-	87,4%	-	85,9%	86,0%	-	88,0%
4	-	78,0%	85,7%	-	87,3%	-	85,9%	86,2%	-	87,1%
5	-	77,0%	75,1%	-	87,5%	-	93,4%	94,6%	-	87,3%
6	-	77,0%	80,7%	-	85,1%	-	77,9%	85,8%	-	86,9%
7	-	75,0%	81,6%	-	89,4%	-	86,5%	88,2%	-	89,4%
8	-	76,0%	79,3%	-	78,1%	79,6%	88,6%	86,6%	-	86,4%
9	-	75,0%	80,9%	-	75,0%	92,3%	88,2%	86,3%	-	88,1%
10	-	76,0%	80,8%	-	69,4%	82,1%	88,3%	87,4%	-	88,3%
11	-	73,0%	81,5%	-	71,8%	82,7%	83,8%	87,1%	-	86,4%
12	-	75,0%	79,9%	-	84,8%	85,9%	79,5%	86,0%	-	86,9%
13	-	76,0%	79,1%	-	84,5%	85,7%	78,9%	86,1%	-	86,6%
14	-	80,0%	78,9%	-	84,0%	84,9%	89,1%	62,3%	-	86,8%
15	-	62,0%	78,3%	-	83,7%	84,5%	87,1%	-	-	87,1%
16	-	78,0%	78,3%	-	84,3%	85,0%	89,1%	-	-	85,5%
17	-	81,0%	78,0%	-	83,9%	84,4%	87,6%	-	-	87,4%
18	-	87,0%	79,2%	-	81,9%	82,9%	89,7%	-	-	86,6%
19	-	89,0%	82,1%	-	83,8%	84,5%	87,5%	-	-	87,5%
20	-	90,0%	89,0%	-	80,2%	81,5%	87,6%	-	-	92,7%
21	54,0%	78,0%	87,9%	-	80,5%	81,1%	90,1%	-	-	-
22	77,0%	-	84,2%	-	88,8%	88,6%	85,2%	-	-	-
23	72,0%	-	85,0%	-	89,0%	89,1%	86,3%	-	-	-
24	75,0%	-	86,0%	-	86,5%	86,7%	88,0%	-	70,6%	-
25	80,0%	-	84,9%	-	90,0%	90,3%	63,6%	-	87,3%	-

26	74,0%	-	87,6%	-	85,7%	86,7%	-	69,1%	88,3%	-
27	74,0%	-	78,8%	-	88,9%	89,5%	-	85,5%	90,9%	-
28	78,0%	-	81,4%	-	85,3%	86,0%	-	86,6%	91,5%	-
29	82,0%	-		-	87,0%	87,7%	-	85,5%	87,1%	-
30	85,0%	-		-	87,2%	87,7%	-	89,8%	88,2%	-
31	86,0%	-		-	70,4%	71,2%	-	-	89,3%	-
Rata - rata	76,1%	77,7%	81,8%	-	83,5%	85,0%	85,7%	85,0%	86,6%	87,8%

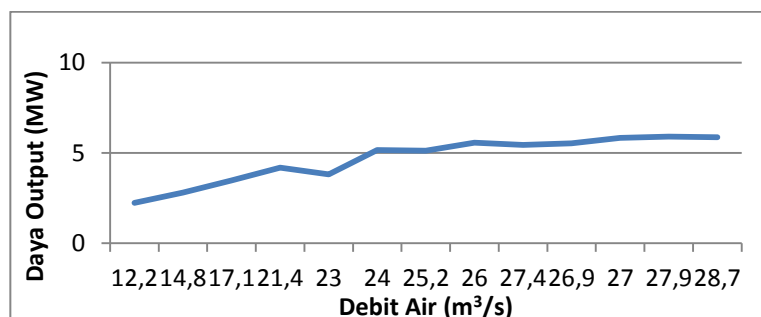
Tabel. 6 Efisiensi daya PLTA Wonogiri Juni – September

Tanggal	Juni		Juli		Agustus		September	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	88,0%	-	93,6%	-	90,0%	-	95,2%	-
2	89,0%	-	85,3%	-	91,0%	-	97,9%	-
3	88,0%	-	83,2%	-	91,0%	-	77,5%	-
4	91,0%	-	88,7%	-	88,0%	-	69,8%	-
5	87,0%	-	88,2%	-	89,0%	-	67,9%	-
6	88,0%	-	87,2%	-	87,0%	-	68,9%	-
7	91,0%	-	90,1%	-	88,0%	-	70,3%	-
8	86,0%	-	89,8%	-	87,0%	-	89,5%	-
9	88,0%	-	84,4%	-	88,0%	-	79,6%	-
10	89,0%	-	78,4%	-	87,0%	-	-	-
11	86,0%	-	86,2%	-	87,0%	-	-	-
12	88,0%	-	86,0%	-	81,0%	-	-	-
13	87,0%	-	86,2%	-	78,0%	-	-	-
14	87,0%	-	88,9%	-	75,0%	-	-	-
15	87,0%	-	88,0%	-	92,0%	-	-	-
16	86,0%	-	87,5%	-	91,0%	-	-	-
17	85,0%	-	87,0%	-	86,0%	-	-	-
18	85,0%	-	88,0%	-	75,0%	-	-	-
19	85,0%	-	86,9%	-	74,0%	-	-	-
20	87,0%	-	84,7%	-	73,0%	-	-	-
21	86,0%	-	85,9%	-	74,0%	-	-	-
22	86,0%	-	84,9%	-	73,0%	-	-	-
23	88,0%	-	85,7%	-	93,0%	-	-	-
24	88,0%	-	89,1%	-	90,0%	-	-	-
25	85,0%	-	84,0%	-	73,0%	-	-	-
26	84,0%	-	85,5%	-	72,0%	-	-	-
27	84,0%	-	84,2%	-	71,0%	-	-	-
28	86,0%	-	84,9%	-	72,0%	-	-	-
29	85,0%	-	84,8%	-	72,0%	-	-	-
30	84,0%	-	84,8%	-	72,0%	-	-	-
31	-	-	84,0%	-	90,0%	-	-	-
	86,8%	-	86,3%	-	82,3%	-	79,6%	-



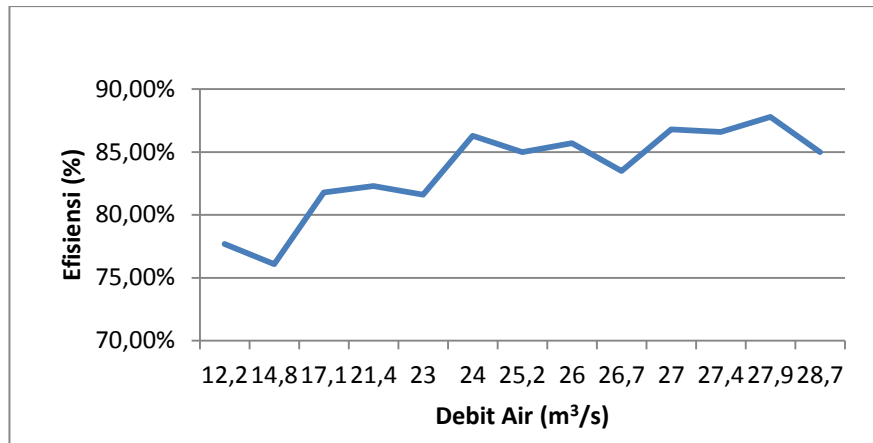
Gambar 2. Efisiensi daya PLTA Wonogiri Januari – September

Pada tabel 5 dan 6 serta gambar 2, berdasarkan data yang telah diperoleh, maka nilai efisiensi rata-rata pada mesin pembangkit unit 1 tertinggi di bulan Juni 2019 sebesar 86,8%, sedangkan untuk mesin pembangkit unit 2 nilai efisiensi rata-rata paling besar terdapat pada bulan Mei 2019 sebesar 87,8%. Sedangkan nilai efisiensi rata-rata mesin pembangkit unit 1 terendah di bulan Januari 2019 sebesar 76% dan untuk unit 2 di bulan Januari 2019 sebesar 77,7%. Sedangkan untuk bulan Oktober sampai Desember nilai efisiensi sebesar 0 % dikarenakan tidak beroperasinya mesin pembangkit, sebab air di Waduk Gajah Mungkur mengalami kekeringan akibat musim kemarau yang panjang sehingga *elevasi* waduk tidak mencukupi standar untuk pembangkitan dan debit air tidak mencukupi untuk memutar mesin turbin.



Gambar 3. Hubungan Debit Air dan Daya Output Generator

Dapat dilihat pada gambar 3, debit aliran air berpengaruh pada daya output generator, semakin besar debit aliran air maka semakin besar pula daya output yang dikeluarkan generator. Pada debit 23m³/s mengalami penurunan dikarenakan pembangkit tidak bekerja full selama 1 bulan dan tidak aktif full 24 jam.



Gambar 4. Hubungan Debit Air dan Efisiensi

Pada gambar 4, setiap perubahan debit air maka efisiensi daya ikut berubah dan semakin besar debit air maka semakin besar efisiensi daya. Pada gambar tersebut efisiensi yang tertinggi dengan debit air sebesar 27,9%, dikarenakan rata-rata efisiensi per bulannya juga dipengaruhi oleh debit air harian.

3.3 Perhitungan CF (*Capacity Factor*) dan NCF (*Net Capacity Factor*)

Dari data yang telah dikumpulkan maka nilai CF (*Capacity Factor*) dan NCF (*Net Capacity Factor*) dapat dihitung:

1. Nilai CF (*Capacity Factor*) Unit 1

$$\begin{aligned}
 CF &= \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Daya Mampu Netto} \times \text{Period Hours}} \times 100\% \\
 &= \frac{23376,3 \text{ MWh}}{6,2 \text{ MW} \times 8760 \text{ jam}} \times 100\% \\
 &= 43,04\%
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

2. Nilai CF (*Capacity Factor*) Unit 2

$$\begin{aligned}
 CF &= \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Daya Mampu Netto} \times \text{Period Hours}} \times 100\% \\
 &= \frac{9569,6 \text{ MWh}}{6,2 \text{ MW} \times 8760 \text{ jam}} \times 100\% \\
 &= 17,6\%
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

3. Nilai NCF (*Net Capacity Factor*)

$$\text{NCF} = \frac{\text{Produksi Netto}}{\text{Daya Mampu Netto} \times \text{Period Hours}} \times 100\%
 \tag{6}$$

$$= \frac{32945,9 \text{ MWh}}{6,2 \text{ MW} \times 8760 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$= 60\%$$

Nilai perhitungan NCF (*Net Capacity Factor*) dan CF (*Capacity Factor*) pada pembangkit unit 1 dan unit 2 PLTA Wonogiri selama 1 tahun dari bulan Januari- Desember 2019 diperoleh nilai CF Unit 1= 43,04%, Unit 2= 17,6% , dan untuk nilai NCF sebesar 60%. Kinerja pembangkit dihitung berdasarkan DKP-IKP 2007: 1 tentang Prosedur Tetap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit PT. PLN (Persero). Standar nilai tahunan untuk kinerja pembangkit yakni antara 30-50%. Setelah melakukan analisa diperoleh nilai CF unit 1 yang tidak memenuhi standar nilai tahunan yang di karenakan curah hujan yang rendah sehingga debit aliran air kecil. Sedangkan untuk nilai CF unit 2 dan NCF telah memenuhi nilai standar tahunan kinerja.

4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan efisiensi daya pada PLTA Wonogiri, bisa diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pada dasarnya prinsip kerja dari PLTA adalah mengubah energi potensial menjadi energi mekanik dengan memanfaatkan beda ketinggian dan debit air, energi mekanik ini akan menjadi energi listrik dengan bantuan generator.
2. Efisiensi daya tertinggi unit 1 sebesar 91% dan unit 2 sebesar 88%, sedangkan untuk efisiensi terendah unit 1 sebesar 76% dan unit 2 78%.
3. Kinerja pembangkit dihitung berdasarkan DKP-IKP 2007: 1 tentang Prosedur Tetap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit PT. PLN (Persero). Setelah melakukan analisa PLTA Wonogiri untuk nilai CF (*Capacity Factor*) unit 1 tidak memenuhi standar nilai tahunan, sedangkan nilai CF (*Capacity Factor*) unit 2 dan NCF (*Net Capacity Factor*) telah memenuhi standar nilai tahunan

PERSANTUNAN

Syukur Alhamdulillah penulis dapat utarakan kepada Allah dimana telah melimpahkan nikmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu terselesainya tugas akhir ini antara lain :

Kepada kedua orang tua penulis yang sudah memberikan nasehat, dukungan, serta doanya.

Bapak Aris Budiman, S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahannya serta ilmunya terkait tugas akhir ini.

Bapak Anang selaku SPS PLTA Wonogiri yang telah memberikan dan mencarikan data terkait tugas akhir ini.

Semua dosen jurusan Teknik Elektro yang sudah memberikan banyak ilmunya selama perkuliahan.

Kepada teman-teman teknik elektro angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliah Rahman, Dkk. 2018. Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air. Jurnal Dinamis Vol 2. No. 12
- Andrey Bernad Eka Putra. 2018. Analisis Perhitungan Efisiensi Daya Dengan Mengukur Besarnya Debit Aliran Air Dan Ketinggian (Head) Air Yang Jatuh Di Plta Saguling Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sergio Antonio Zarate-Orrego. Dkk. 2016. *Horizontal Vortex Single Chamber Hydroturbine*. Revista Facultad De Ingeniería, Universidad De Antioquia Antioquia.
- Tri Suyono, Dkk. 2018. Pengaruh Debit Dan Head Terhadap Daya Mikro Hidro Pada Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Papaloang Pulau Bacan. Dinamika Jurnal Teknik Mesin Unkhair, Volume 3, Nomor 1
- Hakim, L Dkk, 2020. Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Padapembangkit Listrik Tenaga *Pico Hydro*. Jurnal Edukasi Elektro, Vol. 4, No. 1 Universitas Negri Yogyakarta
- International Energy Agency, 2014. Key World Energy Statistics.